





PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)
CATEGORÍA III

INFORME DE MODELAMIENTO DEL RUIDO SUBMARINO EN PUNTA RINCÓN

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13107 13217 13234	2018	ENVIROMENTAL ENGINEERING SCIENCE INTERNATIONAL	19/02/2019



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 2

3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN 3

4. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS. ZONAS DE IMPACTO 8

4.1. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES SUBMARINAS 8
4.2. UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS 10
4.3. ZONAS DE IMPACTO 12

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES 14



1. INTRODUCCIÓN

Por encargo de la empresa MINERA PANAMÁ, en el presente Informe se recogen los resultados obtenidos para el ajuste del modelo predictivo de ruido submarino para las operaciones del puerto de Punta Rincón (Provincia de Colón, Distrito de Donoso, Panamá).

De forma particular, en el informe se describen los siguientes aspectos:

- El primer apartado recoge los objetivos y alcance establecidos para el estudio.

- En un segundo apartado, se realiza una breve revisión de las características del modelo de simulación empleado y de sus limitaciones. Para su validación y ajuste, se han empleado los resultados obtenidos en los monitoreos de seguimiento de los años 2017 y 2018[1].

- En el cuarto apartado se presentan los resultados obtenidos en las simulaciones y se comparan con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas -y que tienen una mayor sensibilidad al ruido submarino- presentes en la zona litoral del mar Caribe frente a Punta Rincón, según los datos científicos y valores de referencia disponibles y aceptados en la actualidad.

- A partir de estos valores y de la simulación de los niveles sonoros, se establecen las zonas de impacto o manejo acústico durante la fase de operación del puerto y que permiten el seguimiento de los impactos sobre los mamíferos marinos identificados en el entorno de Punta Rincón.

[1] Los resultados obtenidos en estos monitoreos se presentaron en Informes independientes.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos concretos establecidos para este estudio son los siguientes:

- Simulación de los niveles acústicos submarinos en un entorno próximo y bajo condiciones estacionarias, durante la fase de operación del puerto. Validación de los resultados obtenidos con el modelo con las mediciones reales del ruido submarino realizadas en las campañas de monitoreo.

- Comparación de los resultados obtenidos en las simulaciones con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas con mayor sensibilidad al ruido submarino presentes en el área, según los datos científicos disponibles en la actualidad.

- Determinación de las zonas de impacto o manejo, con el fin de evitar efectos o impactos significativos sobre los mamíferos marinos debidos al ruido generado por los principales focos emisores de ruido durante la operación del puerto.



Realización de monitoreos de ruido submarino en el entorno del puerto de Punta Rincón.



3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Para el modelamiento del ruido submarino se ha empleado el modelo AQUANOISE®, desarrollado por el Departamento de Acústica de la empresa española ICA y bajo la dirección de la Dra María Martín. Se trata de un modelo de cálculo semi-empírico que, como indica Richardson el al 1995[2], son menos complejos y más fáciles de implementar y proporcionan un modelamiento de la pérdida de transmisión sonora aceptable para valorar los impactos sonoros submarinos sobre las especies marinas, debido a actividades de origen antrópico,.

El modelo predice la pérdida de transmisión sonora (TL) entre la fuente y el receptor. Dado el valor de referencia del foco emisor (SL) considerado, el valor estimado de TL con la distancia se usa para predecir el nivel de potencia sonora (SPL) en el punto en donde se encuentra el receptor mediante la siguiente ecuación general: SPL = SL – TL. El modelo tiene en cuenta, además, los siguientes factores:

- La dispersión es de tipo esférico. En el eje de transmisión entre la fuente y el receptor, la dispersión de tipo esférico del sonido ocasiona un nivel sonoro relacionado con la distancia de la siguiente forma: $20 \log_{10} R$, siendo R la distancia a la fuente sonora.

- La reflexión, refracción, absorción y dispersión del sonido en el agua y el fondo submarino. El eje de transmisión no es rectilíneo y está afectado por numerosos factores dependientes entre sí. Entre ellos se destaca las reflexiones y refracciones debidas a la superficie del agua y el fondo marino, dependientes a su vez de la rugosidad (tipo de fondo), temperatura, salinidad, estratificación de la masa de agua, etc.

El modelo considera que el ruido producido por diferentes fuentes se ajusta a la siguiente ecuación y es proporcional a la energía liberada por cada fuente sonora:

$$dB_o = 10 * \log_{10}\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$$

[2] Richardson et al. (1995). Marine Mammals and Noise. Academic Press.



Donde:

dB0 es la compensación entre la fuente 1 y la 2.
E1 es la energía liberada de la fuente 1 (kN-m)
E2 es la energía liberada de la fuente 2 (kN-m)

El modelo de trasmisión tiene en cuenta la fuente de transmisión con la respectiva trayectoria en relación a la profundidad del mar. Como se ha comprobado en otros trabajos similares, en realidad el ruido submarino irradiado por la fuente a lo largo de la columna de agua y en el fondo del mar depende del tipo y características del lecho marino. Sin embargo, todo el modelo de transmisión requiere que la fuente provenga de un solo punto dentro de la columna de agua.

Por regla general, aumentando la profundidad de la fuente (colocando la fuente a más profundidad a lo largo de la columna de agua) incrementa la trasmisión de la energía lateral. Asimismo, el modelo AQUANOISE® tiene en cuenta las siguientes etapas:

- Primero, los datos de salida del modelo serán usados para construir una malla del campo de sonido 2D alrededor de lugar seleccionado en Punta Rincón y que se corresponde con cada zona de actuación establecida. Los datos generados se han enlazado con un Sistema de Información Geográfico (SIG), empleando para ello el programa ARCGIS 10.

- La malla 2D formada por puntos espaciales x-y rodea el área que fue enmallada para estimar los niveles recibidos. El punto central de emisión se localizará en el área central de las operaciones portuarias en el extremo del jetty, teniendo en cuenta que en estas zonas la batimetría es más somera.

- El nivel de banda ancha de todas las fuentes, se sumará al dominio lineal en cada punto que se superpondrá en una sola malla más grande que abarcará toda la zona del puerto y entorno próximo de interés.

- El ruido ambiental de banda ancha (dominio lineal) se sumará logarítmicamente a los niveles de ruido submarino obtenidos en la “campaña blanco de medidas”, necesaria para el modelo.

- Para caracterizar el sonido producido durante las operaciones del puerto, por un lado se han empleado las medidas acústicas realizadas en los monitoreos de seguimiento y, por otro, los niveles de referencia proporcionados por Vagle (2003) y Hastings and Popper (2005)3, que pueden estar influenciado por el tamaño y potencia de los buques, tráfico, características del fondo marino sobre el que se trabaja, etc.

- En el **Cuadro 1** se recogen las principales características de los focos emisores considerados en el presente estudio.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES SONORAS DURANTE LA OPERACIÓN DEL PUERTO DE PUNTA RINCÓN				
FUENTE	**TIPO DE RUIDO**	**DESCRIPTOR**	**NIVELES DE REFERENCIA**	**RANGO DE FRECUENCIA**
Monitoreos acústicos	Impulsivo de banda ancha	SPL	85-110 dB re 1 µPa	100 Hz and 2 kHz
Referencias bibliográficas			90-110 dB re 1 µPa	100 Hz and 2 kHz

FUENTE. Vagle (2003) y Hastings and Popper (2005) y elaboración propia.

- Ya que no se cuenta con el espectro de frecuencia de cada foco emisor, se ha asumido que la energía total del sonido para cada una es el resultado de la suma de cada banda de frecuencia. Hannay and Racca (2005)[4] han validado esta técnica con datos experimentales y proponen que es totalmente viable para estimar los niveles sonoros en las proximidades de puertos en operación, obras de construcción en puertos u operaciones sísmicas.

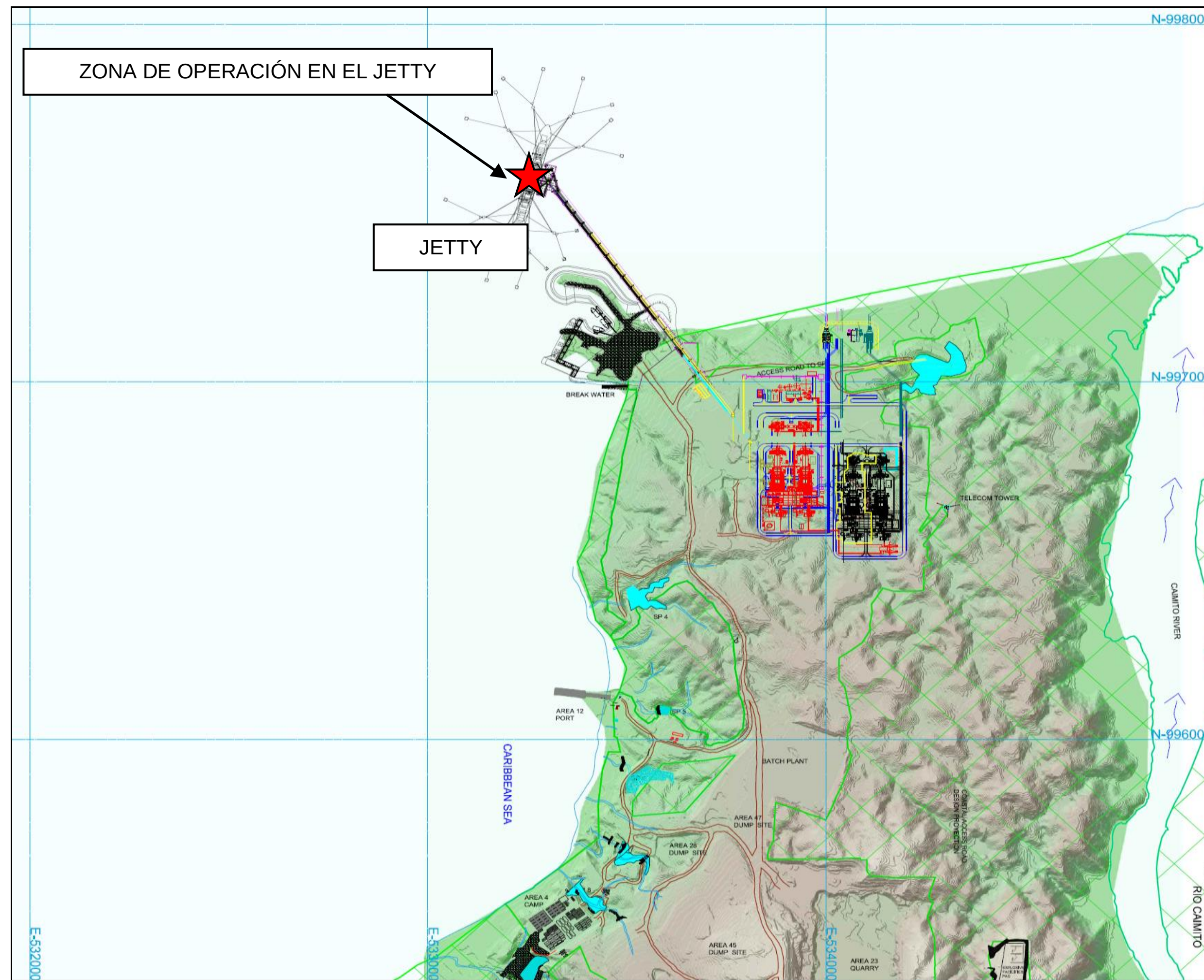
- Desde el área principal de operación del puerto (jetty), se han trazado líneas de simulación con 45º de diferencia entre ellas en un radio de 2 km, partiendo de uno principal de dirección E-W. Para cada línea de simulación se ha tenido en cuenta su perfil batimétrico y las características del fondo submarino, considerando en todas las simulaciones la situación de marea alta.

[3] Vagle, S. 2003. On the impacts of pile-driving noise on marine life. Ocean Science and Productivity Division Institute of Ocean Sciences DFO/Pacific. Report. Pp 41.
Hastings, M. C. and Popper, A.N. 2005. Effects of sound on fish. Subconsultants to Jones & Stokes Under California Department of Transportation Contract No. 43A0139. Report. Pp 82.
[4] Hannay D., Warner G, O'Neil C and Johnston H A (2009). Acoustic modelling of underwater noise, BP Exploration Limited's 2009 POKAK 3D seismic program. Jasco Research Ltd, suite 2101-4464 Markham Street, Victoria BC.

- Para la simulación se han considerado que el fondo marino en Punta Rincón cuenta con un sustrato formado por una alternancia de rocas y arena, empleando los coeficientes de cálculo indicados en el **Cuadro 2**.

CUADRO 2. PROPIEDADES DE LA COLUMNA DE AGUA Y DEL FONDO SUBMARINO EMPLEADAS EN EL MODELO							
CAPA	**ESPESOR DE LA CAPA (m)**	**DENSIDAD (kg/m^3)**	**VELOCIDAD COMP. DE SONIDO (ms^{-1})**	**ABSORCIÓN SONIDO (dB/m/kHz)**	**VELOCIDAD DE PROPAGACION OLAS**	**ABSORCION VELOCIDAD OLAS**	**OBSERVACIONES**
Agua	3-7	1024	1541	-	0	0	Variable a medida que nos alejamos del foco emisor
Arena	4	1800	1600	0,9	100	2,5	Con proporción variable de arena en la zona
Roca	>100	2580-3000	2800-2900	0,1	1400	0,2	Con proporción variable de roca en la zona

- Se ha asumido un perfil uniforme en la columna de agua (sin estratificación y completamente mezclada), así como una composición mixta de sustrato arenoso y rocoso en el fondo marino, con características geoacústicas similares a las indicadas en el Cuadro 1. Asimismo, se han considerado valores medios de temperatura (28ºC) y salinidad (34‰) del agua de mar en la zona.



Plano 1. Ubicación de la zona principal de origen de las fuentes acústicas a modelar.



4. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS. ZONAS DE IMPACTO

4.1. Resultados de las simulaciones submarinas

En la **Figura 1** se muestra la simulación del parámetro (TL) que predice el modelo, relacionado con la pérdida de la propagación del sonido y la distancia (para el transecto E-W). En el gráfico se han incluido las distancias al foco emisor de 200, 500, 1000 y 1500 m que se correponden con las distancias a las que se encuentran los puntos de muestreo empleados en los monitoreos de seguimiento (RUI-MUELLE, RUI-1, RUI-3 y RUI-5 respectivamente).

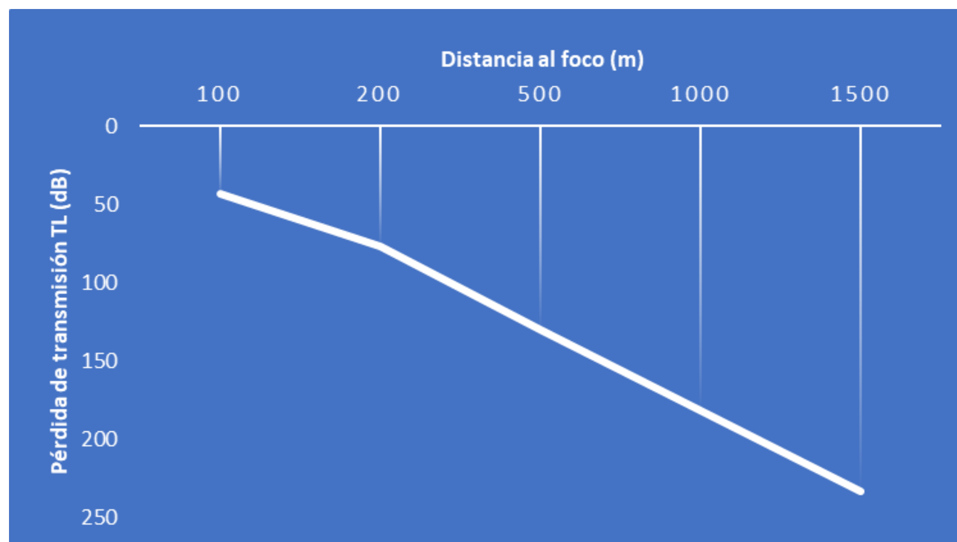


Figura 1. Simulación de la pérdida de transmisión (TL) sonora con la distancia para el ruido generado en el puerto. Condiciones generales en el transecto principal.

En este caso, se puede comprobar que la pérdida de transmisión estimada por el modelo se produce de forma prácticamente lineal, con reducciones significativas a 200 metros de la costa.

Los niveles sonoros de fondo, que se han medido en los monitoreos en las aguas marinas del Caribe en el entorno de la zona de Punta Rincón, se encuentran en el rango de 80-90 dB (SPL en dB re 1μPa)), y se alcanzan entorno a los 200-500 m de distancia del foco emisor.

Para validar los resultados obtenidos con el modelo, se han comparado con los valores reales del ruido submarino medidos en los monitoreos de seguimiento, representando los valores mínimos (SPLmin) y valores máximos (SPLmáx) medidos en estos monitoreos. Los resultados se incluyen en la **Figura 2**.

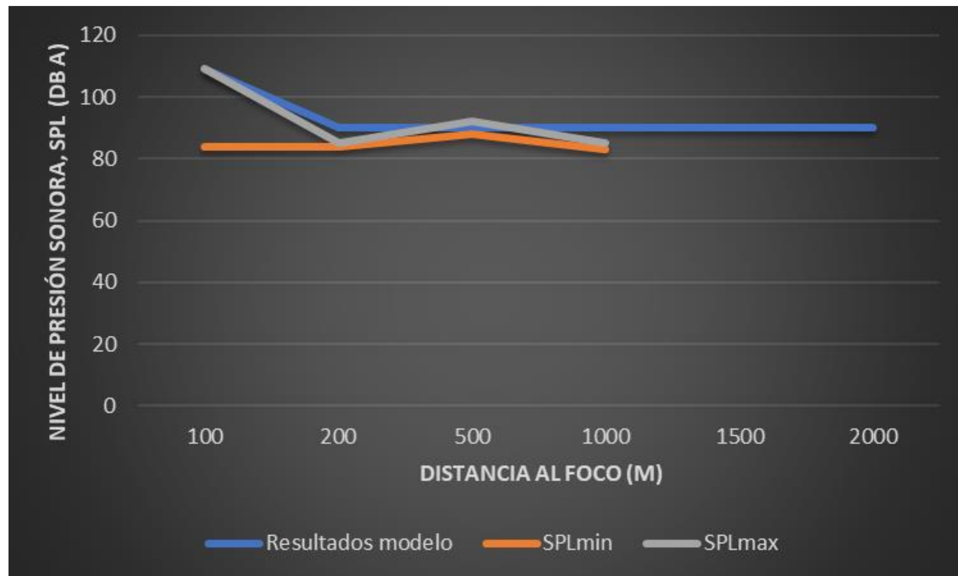


Figura 2. Simulación de la pérdida de propagación sonora con la distancia para el ruido generado en el puerto en comparación con los valores reales del ruido submarino medido (SPLmin y SPLmáx). Condiciones generales en el transecto principal.

Como se puede observar, los valores acústicos submarinos reales descienden rápidamente a medida que nos alejamos del foco emisor, alcanzando el nivel de fondo a una distancia aproximada de 200 m del foco principal, muy similar a lo obtenido con el modelo de simulación. Estos resultados validan la simulación realizada, para similares condiciones geofísicas y de contorno.

Se observan dos zonas de descenso relacionadas básicamente con las características batimétricas de la zona: una primera zona de baja profundidad, en donde se produce un fuerte descenso de la transmisión, para pasar a una segunda zona con un descenso muy lento en donde la profundidad aumenta a partir del veril de los 10-20 m.



4.2. Umbrales de tolerancia de especies marinas

Por el momento, no existen umbrales de exposición sonora para especies marinas universalmente aceptados y que reflejen adecuadamente las complejas relaciones físicas, ambientales y los parámetros biológicos que tienen lugar en el medio marino. En algunos textos de recomendación, se han utilizado valores de 120, 140, 160, 180, o 190 dB como nivel umbral crítico de presión acústica para exposiciones específicas a ruido y de señales en mamíferos marinos. Pero estos valores umbrales son muy polémicos, ya que en el caso de algunas especies -como los delfines- se han producido varamientos atípicos después de la exposición a niveles de presión sonora de mucha menor intensidad.

Recientemente, Southall et al[5] revisaron todos los posibles impactos acústicos sobre mamíferos marinos. Siguieron las pautas de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de EEUU de Norteamérica, particularmente los referidos a Nivel A (daño físico) y Nivel B (cambios en el comportamiento).

Para ello, consideraron, en primer lugar, tres categorías de fuentes sonoras (pulso único, pulso múltiple y fuentes no pulsadas):

- Pulso simple. Evento acústico individual. Explosiones individuales, bombas sónicas, cañones de aire comprimido, hincado de pilones, ping simple de ciertos sonar, sondas de profundidad y pingers.

- Pulso múltiple. Eventos acústicos múltiples discretos. Explosiones en serie, cañones de aire comprimido secuencial, hincado de pilones, algunos sonar activo (IMAPS), algunas señales de sondas de profundidad

- Sin pulso. Eventos acústicos simples o múltiples estacionarios. Paso de buques y aviones, perforación, muchos tipos de construcciones u otras operaciones industriales, algunos sistemas sonar (LFA, táctico de media frecuencia), mecanismos acústicos de disuasión/hostigamiento, fuentes de tomografía acústica (ATOC), algunas señales de sondas de profundidad.

[5] Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene Jr., C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., and Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. Aquatic Mammals 33(4), 411-522.

Asimismo, consideraron cinco grupos de mamíferos marinos comprendidos en las categorías de cetáceos de “baja frecuencia”, de “frecuencia media”, y de odontocetos de “frecuencia alta”, que se incluyen en el **Cuadro 3**.

CUADRO 3. GRUPOS FUNCIONALES DE MAMÍFEROS MARINOS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS AUDITIVAS		
GRUPO FUNCIONAL	**ANCHO DE BANDA AUDITIVO ESTIMADO**	**GÉNERO REPRESENTADO**
GRUPO I. Baja frecuencia	7 Hz a 22 kHz	Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera
GRUPO II. Media frecuencia	150 Hz a 160 kHz	Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon
GRUPO III. Alta frecuencia	200 Hz a 180 kHz	Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus

En el **Cuadro 4** se presentan los criterios del Nivel A, con la salvedad de que todavía no han sido utilizados en recomendaciones o normas ambientales, pero se pueden considerar consistentes con los criterios de energía aplicables a misticetos y odontocetos y son una referencia por el momento válida para tener umbrales provisionales de tolerancia.

CUADRO 4. NIVELES DE TOLERANCIA POR GRUPOS DE CETÁCEOS			
GRUPO DE CETÁCEOS	**PULSOS SIMPLES**	**PULSOS MÚLTIPLES**	**SIN PULSOS**
GRUPO I. Baja frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 dB*	230 dB*	230 dB*
Nivel de Exposición Sonora	198 dB**	198 dB**	215 dB**
GRUPO II. Media frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 dB*	230 dB*	230 dB*
Nivel de Exposición Sonora	198 dB**	198 dB**	215 dB**
GRUPO III. Alta frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 dB*	230 dB*	230 dB*
Nivel de Exposición Sonora	198 dB**	198 dB**	215 dB**

NOTAS: ** SEL en dB re 1 μPa a 1m; * SPL en dB re 1μPa a 1 m.

Según el informe elaborado por el PNUD6 sobre la distribución de los mamíferos marinos en la Sub-Región II (Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México (Yucatán), Nicaragua, Panamá) del mar Caribe, en la que se encuentra Punta Rincón, las principales especies costeras se corresponden con delfines oceánicos (Delfín moteado, Delfín manchado del Atlántico, Delfín de pico largo, Delfín acróbata de hocico corto, Delfín nariz de botella, Delfín listado y Delfín gris). En los datos de la línea base para el proyecto, Mina de Cobre Panamá, sólo se ha documentado la presencia de Delfin manchado y Delfin mular (o Nariz de botella).

Estas especies quedarían clasificadas dentro del grupo funcional II (GRUPO II Media Frecuencia), para las que les correspondería un nivel de tolerancia para pulsos simples y múltiples de 230 dB (SPL en dB re 1µPa a 1 m).

4.3. Zonas de impacto

Una vez conocida la fuente sonora y sus características, su modelamiento en el medio marino que predice su propagación en determinadas condiciones y los criterios o umbrales de tolerancia para los mamíferos marinos presentes en el área, se ha procedido en una última etapa a determinar el radio o la zona en donde se produce el impacto acústico sobre las especies y las zonas de manejo para el ruido.

De esta forma, se han considerado tres tipos de zonas de impacto o zonas de manejo para el puerto de Punta Rincón[7] durante su operación:

- Zona audible sin efectos o zona segura (ZA): se corresponde con el área en donde los mamíferos marinos pueden oir el foco emisor pero no muestran efectos asociados con el comportamiento significativo. El tamaño de la zona audible depende directamente del ruido de fondo submarino.

[6] Elementos para el Desarrollo de un Plan de Acción para los Mamíferos Marinos en el Gran Caribe: Una Revisión de la Distribución de los Mamíferos Marinos. Primera Reunión de las Partes Contratantes (COP) del Protocolo Relativo a las Areas y Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas (SPAW) en la Región del Gran Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. SEPTIEMBRE 2001.

[7] Department of Planning, Transport and Infrastructure Underwater. Piling Noise Guidelines. First published: November 2012. Version 1. http://cms.dpti.sa.gov.au/enviro_services/standards,_guidelines,_procedures.

- Zona de respuesta o zona de observación (ZR): es el área en donde los mamíferos marinos pueden reaccionar con una respuesta de comportamiento frente al ruido producido por el foco emisor.

- Zona de efectos acústicos (ZE) o área de impacto: área cercana a la fuente sonora en donde los niveles acústicos pueden afectar de forma significativa y causar un grave efecto sobre el comportamiento y/o la fisiología del animal (valores de TTS y PTS).

En el **Cuadro 5** se resumen las zonas de impacto o manejo, considerando de forma conservativa los mayores de los radios en los que se cuplen los criterios de tolerancia considerdos frente al área del puerto en Punta Rincón para las principales actividades de operación.

CUADRO 5. ZONAS DE IMPACTO O MANEJO PARA EL PUERTO DE PUNTA RINCÓN			
ACTIVIDAD	**ZONA SEGURA**	**ZONA DE RESPUESTA**	**ZONA DE EFECTOS ACÚSTICOS**
Zona de carga	>200 m	100-200 m	<100 m

En las zonas seguras propuestas (seleccionados con radios de más de 200 m con el fin de tener un valor conservativo de protección de los mamíferos en la zona) es previsible que si se observan mamíferos marinos (principalmente delfines), el ruido submarino generado por la operación del puerto no tenga efectos significativos sobre el comportamiento de los mismos.

Si los mamíferos superan el radio de la zona segura y se adentran dentro de la zona de respuesta, aunque no se superan los valores de referencia, es recomendable tomar acciones sobre las fuentes sonoras para reducir el posible impacto acústico.

En cualquier caso, si se adentran dentro de la zona de efectos, es previsible que se puedan producir efectos significativos de baja magnitud, tanto fisiológicos, como comportamentales, por lo que se requiere de un seguimeinto, control y manejo de estas actividades y de la maquinaria empleada.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los principales resultados y conclusiones obtenidas en el presente estudio se resumen en los puntos siguientes:

1. Se presentan los resultados obtenidos en el modelamiento del ruido generado durante la operación del puerto de Punta Rincón y se comparan con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas observadas en esta zona del Caribe panameño. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se establecen las zonas de impacto o manejo acústico para los mamíferos marinos identificados.

2. Para el modelamiento del ruido submarino se ha empleado el modelo AQUANOISE®, que aporta un cálculo semi-empírico -con el que se determina la pérdida de transmisión sonora- y que permite valorar los impactos sonoros submarinos, debido a actividades de origen antrópico, sobre las especies marinas.

3. El modelo predice la pérdida de transmisión sonora (TL) entre la fuente y el receptor. Dado el valor de referencia del foco emisor (SL) considerado, el valor estimado de TL con la distancia se usa para predecir el nivel de potencia sonora (SPL) en el punto en donde se encuentra el receptor mediante la siguiente ecuación general: SPL = SL – TL.

4. Para validar los resultados obtenidos con el modelo, se han comparado con los valores reales del ruido submarino medidos en los monitoreos de seguimiento, representando los valores mínimos (SPLmin) y valores máximos (SPLmáx) medidos en estos monitoreos.

5. Los valores acústicos submarinos descienden rápidamente a medida que nos alejamos del foco emisor, alcanzando el nivel de fondo a una distancia aproximada de 200 m del foco principal, muy similar a lo obtenido con las medidas reales. Estos resultados validan la simulación realizada, para similares condiciones geofísicas y de contorno.

6. Aunque, por el momento, no existen umbrales de exposición sonora para especies marinas universalmente aceptados y que reflejen adecuadamente las complejas relaciones físicas, ambientales y los parámetros biológicos que tienen lugar en el medio marino, se han empleado los límites propuestos por Southall et al, que siguen las pautas



de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de EEUU de Norteamérica, particularmente los referidos a Nivel A (daño físico) y Nivel B (cambios en el comportamiento).

7. Estos límites tienen en cuenta las categorías de las fuentes sonoras (pulso único, pulso múltiple y fuentes no pulsadas) y los grupos funcionales de mamíferos marinos presentes en la zona (cetáceos de "baja frecuencia", de "frecuencia media", y de odontocetos de "frecuencia alta").

8. Según la bilbiografía consultada, en la zona litoral panameña del mar Caribe se ha registrado la presencia de siete especies de delfines oceánicos. De los trabajos realizados en la línea base para el proyecto, Mina de Cobre Panamá, sólo se ha documentado frente a Punta Rincón la presencia de Delfin manchado y Delfin mular (o Nariz de botella), que se han clasificado en el GRUPO II (Media Frecuencia), para las que les correspondería un nivel de tolerancia para pulsos simples y múltiples de 230 dB (SPL en dB re 1µPa a 1 m).

9. Una vez conocida la fuente sonora y sus características, su modelamiento en el medio marino que predice su propagación en determinadas condiciones y los umbrales de tolerancia para los mamíferos marinos presentes en el área, finalmente se ha procedido a determinar el radio o la zona en donde se produce el impacto acústico sobre las especies y las zonas de manejo para el ruido que se deberán considerar durante la operación del puerto.

10. En este cado, con el fin de proteger a las especies de mamíferos marinos presentes en la zona, se han considerado de forma conservativa los mayores valores obtenidos en las predicciones y medidas efectuadas en las campañas de medidas:

    - Zona audible sin efectos o zona segura (ZA): >200 m del puerto
    - Zona de respuesta o zona de observación (ZR): 100-200 m del puerto
    - Zona de efectos acústicos (ZE) o área de impacto: <100 m del puerto